

5

10

Abgassystem für eine Brennkraftmaschine

15

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Abgassystem für eine  
20 Brennkraftmaschine, mit einem Tiefenfilter zur Entfernung  
von Ruß aus dem Abgas, wobei mindestens der Tiefenfilter  
ein Katalysatormaterial umfasst, welches die Rußoxidation  
fördert.

25 Ein Abgassystem der eingangs genannten Art ist aus der DE  
101 30 338 A1 bekannt. In dieser wird ein Abgassystem für  
eine Diesel-Brennkraftmaschine beschrieben. Mit dem  
Abgassystem sollen auch Rußpartikel aus dem Abgas  
herausgefiltert werden können.

30

Eine Möglichkeit hierfür sind Oberflächenfilter, welche  
auch als Wallflow- oder Wandfluss-Filter mit einer  
wabenartigen Struktur realisiert werden, deren  
Strömungskanäle wechselseitig verschlossen sind, so dass  
35 das Abgas durch die porösen Filterwände strömen muss. Um

BEST AVAILABLE COPY

einer Verstopfung des Filters mit zunehmender Rußbelastung entgegenzuwirken, muss ein solcher Filter jedoch kontinuierlich oder zyklisch von dem sich ansammelnden oder bereits angesammelten Ruß befreit werden. Dies ist mittels  
5 thermischer Verbrennung oder/und katalytischer Verfahren möglich.

Bei der Verwendung von thermischen Verfahren muss zunächst aus dem Abgas Stickstoffmonoxid in Stickstoffdioxid  
10 umgewandelt werden. Dieses kann wiederum ab Temperaturen von ca. 300°C Dieselruß oxidieren. Da moderne Brennkraftmaschinen jedoch nur noch sehr wenig Stickstoffmonoxid emittieren, steht oft nicht ausreichend Stickstoffdioxid für die Umwandlung des Dieselrußes zur  
15 Verfügung. Katalytische Verfahren sind dagegen bisher oft vergleichsweise ineffizient, da die Kontaktflächen zwischen dem Ruß und dem Katalysator gering sind.

Aus der DE 101 30 338 A1 ist auch ein Tiefenfilter bekannt.  
20 Dieser weist ein offenes Porensystem auf, welches so ausgestaltet ist, dass auch größere Rußteilchen innerhalb des Filterkörpers abgeschieden werden können. Die Filterwirkung dieses Tiefenfilters erstreckt sich daher über dessen gesamtes Volumen beziehungsweise seine gesamte  
25 Oberfläche. Auch hier wird einer Verstopfung des Tiefenfilters dadurch entgegengewirkt, dass dieser mit einem Katalysator versehen ist, der die Rußoxidation im Tiefenfilter auch bei vergleichsweise niedrigen  
30 Katalysatorpartikel feindispers auf der Oberfläche des Tiefenfilters verteilt.

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Abgassystem der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass  
35 einerseits ein möglichst hoher Anteil an Rußpartikeln aus

dem Abgas herausgefiltert werden kann, und dass andererseits eine einfache und wirkungsvolle Regenerierung der eingesetzten Filter möglich ist.

- 5 Diese Aufgabe wird bei einem Abgassystem der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass ein inneres Porengefüge des Tiefenfilters mit einem Katalysatormaterial versehen ist, welches bei einer Betriebstemperatur des Tiefenfilters, insbesondere ab einer Temperatur von  
10 ungefähr höchstens 400°C, stärker bevorzugt von höchstens ungefähr 350°C, flüssig ist.

#### 15 Vorteile der Erfindung

- Die Verwendung eines Flüssigkatalysators bei dem eingesetzten Tiefenfilter hat den Vorteil, dass das Katalysatormaterial im flüssigen Zustand zu den  
20 Rußpartikeln strömen, ja diese sogar überdecken kann, und bei wesentlich niedrigeren Temperaturen als bisher angesammelten Ruß oxidieren kann. Dabei wird eine um ein Vielfaches größere Kontaktfläche zwischen den Rußpartikeln und dem Katalysatormaterial geschaffen, was die  
25 Oxidationsrate der im Tiefenfilter abgelagerten Rußpartikel deutlich erhöht. Der flüssige Zustand liegt dabei bereits bei Betriebstemperatur des Tiefenfilters, die normalerweise mit der Abgastemperatur zusammenhängt, vor. Die Betriebstemperatur kann wiederum entweder im normalen  
30 Betrieb oder in speziellen Betriebsphasen erreicht werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Zunächst wird vorgeschlagen, dass das Katalysatormaterial des Tiefenfilters ein "Molten Salt"-Material, insbesondere  $\text{Cs}_2\text{SO}_4\text{V}_2\text{O}_5$  oder Cs-Vanadate oder Ag-Verbindungen, insbesondere Ag-Vandante umfasst. Diese Materialien liegen  
5 bei Temperaturen ab ca.  $350^\circ\text{C}$  in flüssiger Form vor.

Kombiniert werden können diese Materialien ggf. weiteren katalytisch wirkenden Stoffen, beispielsweise: Rh und/oder Pd, auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Cer oxiden  
10 und/oder Mischoxiden wie beispielsweise  $\text{Ce/ZrO}_2$ , oder ohne Träger; Elemente der Gruppe 11 (Ag, Au, und/oder Cu) auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Cer oxiden und/oder Mischoxiden wie beispielsweise  $\text{Ce/ZrO}_2$ , oder ohne Träger; Sauerstoff speichernde und abgebende Materialien,  
15 beispielsweise Verbindungen von Mn, Fe, Ce, Pr; unter Abgasbedingungen nitratbildende Materialien ( $\text{NO}_x$ -Speicher), insbesondere Elemente der Erdalkaligruppe, sowie der Gruppe 3 und der Seltenen Erden; und/oder Materialien, die sich durch eine hohe Acidität auszeichnen, beispielsweise  
20 Zeolithe und folgende Oxide oder Oxidmischungen:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Boroxide.

Besonders vorteilhaft ist ein Abgassystem, bei dem der Tiefenfilter einen offenporigen Siliciumcarbid-Schaumfilter  
25 mit Porendurchmessern im Bereich von ungefähr  $40\mu$  bis ungefähr  $1000\mu\text{m}$  und einer Porosität von mindestens ungefähr 60% umfasst. Ein solcher Tiefenfilter ist vergleichsweise preiswert und einfach herstellbar und verfügt über eine ausreichend gute Filterleistung.

30 Vorgeschlagen wird auch, dass das Abgassystem einen nachgeschalteten Oberflächenfilter umfasst, und dass stromaufwärts von dem Oberflächenfilter eine Katalysatoreinrichtung angeordnet ist, durch die aus dem  
35 Abgas Stickstoffdioxid gebildet wird.

Dieses erfindungsgemäße Abgassystem ermöglicht es, mehr als 99% der im Abgas enthaltenen Rußpartikel herauszufiltern. Obwohl ein Tiefenfilter prinzipbedingt nur ungefähr maximal 90% der im Abgas enthaltenen Rußpartikel herausfiltern kann, wird dies durch den nachgeschalteten Oberflächenfilter ermöglicht, der wiederum von dem durch den Tiefenfilter hindurchtretenden ungefähr 10%igen Rußanteil bis zu 95 bis 99% herausfiltern kann. Da insgesamt gesehen jedoch nur noch eine geringe Rußmenge überhaupt bis zum Oberflächenfilter gelangt, kann dieser vergleichsweise lange betrieben werden, ohne von dem sich dort bildenden Filterkuchen befreit werden zu müssen. Somit wird insgesamt ein Abgassystem geschaffen, welches einfach arbeitet, eine hohe Lebensdauer aufweist, und ein Herausfiltern beinahe des gesamten Rußanteils aus dem Abgas ermöglicht.

Die vorgeschlagene Katalysatoreinrichtung kann insbesondere mit einem Platin-Katalysatormaterial arbeiten. Hierdurch wird im Betrieb der Brennkraftmaschine Stickstoffdioxid gebildet, welches am Oberflächenfilter bei einer entsprechenden Temperatur den Ruß abbrennt. Dies ist auch kontinuierlich möglich und gestattet ein vollständiges Freihalten des Oberflächenfilters, da ja vom Tiefenfilter nur vergleichsweise wenig Ruß überhaupt zum Oberflächenfilter gelangt, dort also nur eine vergleichsweise geringe Rußmenge abgebrannt werden muss.

Möglich ist auch, dass das Abgassystem einen nachgeschalteten Oberflächenfilter umfasst, und dass eine Struktur des Oberflächenfilters mit einem Katalysatormaterial versehen ist. Durch den Oberflächenfilter werden vom Tiefenfilter nicht zurückgehaltene Partikel zumindest zu einem großen Teil aus

dem Gasstrom herausgefiltert. Aufgrund des vorgeschalteten Tiefenfilters hat der Oberflächenfilter jedoch nur einen Teil der Gesamtpartikelmasse zu bewältigen, was dessen kontinuierliche Regeneration, beispielsweise mittels im Abgas enthaltenen Stickoxide, ermöglicht. Durch das Katalysatormaterial wird die Oxidation der Rußpartikel am Oberflächenfilter nochmals verbessert.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Katalysatormaterial des Oberflächenfilters ein Material aus der obigen umfangreichen Aufzählung umfasst.

Alternativ oder zusätzlich kann das Katalysatormaterial des Oberflächenfilters auch ein herkömmliches  $\text{NO}_x$ -Speicher-Katalysatormaterial, ein herkömmliches  $\text{NH}_3$ -SCR-Katalysatormaterial, und/oder ein sonstiges Material zur Minderung von Stickoxidemissionen umfassen. Damit erhält der Oberflächenfilter eine zusätzliche Funktion, er dient nämlich auch als Katalysatoreinrichtung zur Verminderung weiterer Emissionen, insbesondere der Stickoxidemissionen.

Ein vergleichsweise preiswerter Oberflächenfilter ist ein Cordieritfilter mit einer Zellenzahl von ungefähr 50 bis 300 cpsi, einer Porosität von ungefähr 50% und einem Porendurchmesser von höchstens ungefähr 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise höchstens ungefähr 40  $\mu\text{m}$ , noch stärker bevorzugt höchstens ungefähr 10  $\mu\text{m}$ .

Besonders kompakt baut das erfindungsgemäße Abgassystem, wenn der Oberflächenfilter auf seiner Einströmseite ein Pt-Katalysatormaterial, insbesondere Pt-Ce/ $\text{ZrO}_2$ , und auf seiner Ausströmseite ein herkömmliches  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatormaterial umfasst. In diesem Fall wird am Eingang des Oberflächenfilters das für die Rußverbrennung erforderliche Stickstoffdioxid generiert, und auf der

Ausströmseite arbeitet der Oberflächenfilter als NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator, welcher die Stickoxidemissionen reduziert.

- 5 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Abgassystem jener Art, bei dem dem Tiefenfilter ein Oberflächenfilter nachgeschaltet ist. Es wird vorgeschlagen, dass sich im Oberflächenfilter ablagernder Ruß kontinuierlich oxidiert  
10 wird. Dies ist möglich, da bis zum Oberflächenfilter nur noch vergleichsweise wenig Rußpartikel gelangen, und da wegen des vergleichsweise großen Volumenstroms, welcher durch den Oberflächenfilter hindurchtritt. Auf diese Weise bleibt der Oberflächenfilter immer maximal durchgängig, was  
15 für Wirkungsgrad des Abgassystems optimal ist.

#### Zeichnung

- 20 Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:
- 25 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Abgassystems mit einem Tiefenfilter und einem nachgeschalteten Oberflächenfilter;
- 30 Figur 2 einen schematischen Schnitt durch einen Bereich des Tiefenfilters von Figur 1;
- Figur 3 ein Detail III der Figur 2; und
- 35 Figur 4 einen schematischen Schnitt durch einen Bereich des Oberflächenfilters von Figur 1.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

5

In Figur 1 trägt ein Abgassystem einer Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Die Brennkraftmaschine selbst ist nur schematisch dargestellt und mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet. Die heißen Verbrennungsabgase werden von der Brennkraftmaschine 12 über ein Abgasrohr 14 abgeleitet. Dieses führt zunächst zu einem Tiefenfilter 16, der mit einer katalytischen Einrichtung 18 versehen ist. Diese wird weiter unten noch stärker im Detail beschrieben. Vom Tiefenfilter 16 führt das Abgasrohr 14 weiter zu einem Oberflächenfilter 20. Dieser ist auf seiner Einströmseite mit einer katalytischen Einrichtung 22 und auf seiner Ausströmseite mit einer weiteren katalytischen Einrichtung 24 versehen. Er wird ebenfalls weiter unten stark im Detail erläutert.

20

Bei der Brennkraftmaschine 12 handelt es sich um eine Diesel-Brennkraftmaschine. In deren Abgas sind vor allem während bestimmter Betriebsphasen zunächst noch Rußpartikel enthalten, welche von den beiden Filtern 16 und 20 aus dem Abgasstrom herausgefiltert werden. Bei dem Tiefenfilter 16 werden die Rußpartikel im Inneren des Filters abgelagert. Bei dem Tiefenfilter 16 liegt somit eine Filterwirkung über sein Gesamtvolumen beziehungsweise seine Gesamtoberfläche vor. Ein Ausschnitt eines inneren Bereichs des Tiefenfilters 16 ist in Figur 2 gezeigt. Danach weist der Tiefenfilter 16 Poren 26 auf, die zwischen einer Struktur 28 des Tiefenfilters 16 gebildet sind. Diese Struktur ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus Siliciumcarbid hergestellt, so dass ein so genannter offenporiger Siliciumcarbid-Schaumfilter 16 gebildet wird..

35



Grundsätzlich kommen für den Tiefenfilter 16 jedoch alle  
offenporösen Körper und Schüttungen aus keramischem und  
metallischem Material beziehungsweise Kombinationen aus  
5 beidem in Betracht, welche dazu geeignet sind, Rußpartikel  
aus dem Abgas, welches durch das Abgasrohr 14 strömt,  
herauszufiltern. Insbesondere sollten auch vergleichsweise  
große Rußpartikel von den Tiefenfiltern herausgefiltert  
werden können. Der Porendurchmesser variiert im Bereich von  
10 ungefähr 40 µm bis ungefähr 1000 µm. Insgesamt weist der  
Tiefenfilter 16 eine Porosität von mehr als 60% auf.

Wie aus der vergrößerten Detailansicht von Figur 3  
hervorgeht, ist die Siliciumcarbidstruktur 28 des  
15 Tiefenfilters 16 mit einem katalytischen Material 18  
versehen. Das katalytische Material ist so gewählt, dass es  
die Oxidation beziehungsweise Verbrennung der Rußpartikel  
(Bezugszeichen 30 in Figur 3) bei vergleichsweise niedrigen  
Temperaturen fördert, wodurch ein Verstopfen des  
20 Tiefenfilters 16 verhindert wird. Das katalytische Material  
18, welches im Tiefenfilter 16 eingesetzt wird, weist die  
Besonderheit auf, dass es bei einer vergleichsweise  
niedrigen Temperatur flüssig ist. Diese Temperatur kann im  
Bereich der normalen Betriebstemperatur des Tiefenfilters  
25 16 liegen, so dass das katalytische Material 18 im  
Normalbetrieb der Brennkraftmaschine 12 immer flüssig ist,  
sie kann jedoch auch so hoch sein, dass das katalytische  
Material 18 nur dann flüssig ist, wenn die  
Brennkraftmaschine 12 sich in einer speziellen  
30 Betriebsphase befindet, in welcher das von der  
Brennkraftmaschine 12 durch das Abgasrohr 14 abgegebene  
Abgas eine entsprechend hohe Temperatur aufweist.

Bei so genannten "Molten-Salt-Katalysator"-Materialien,  
35 beispielsweise  $\text{Cs}_2\text{SO}_4\text{V}_2\text{O}_5$  oder bei Cs-Vanadaten, liegt die

Temperatur, bei welcher das katalytische Material 18 flüssig ist, bei ungefähr 350 bis 400°C. Durch die Verflüssigung des katalytischen Materials 18 werden die im Tiefenfilter 16 abgeschiedenen Rußpartikel 30 von dem katalytischen Material 18 sehr innig kontaktiert, zum Teil sogar mindestens zeitweise vollständig umschlossen. Hierdurch wird bei gleichem Energieeintrag eine sehr hohe Umwandlungsrate erreicht. Derartige Flüssigkatalysatoren können auch mit anderen der eingangs beschriebenen katalytisch wirksamen Materialien kombiniert werden.

Prinzipbedingt hat der gezeigte Tiefenfilter 16 jedoch nur einen Filterwirkungsgrad von maximal 90%. Dies bedeutet, dass mindestens 10% der Rußpartikel 30 durch den Tiefenfilter 16 hindurchtreten und zum Oberflächenfilter 20 gelangen. Bei dem Oberflächenfilter 20 handelt es sich um einen Wallflow- oder Wandfluss-Filter. Dieser weist eine in Strömungsrichtung gesehene wabenartige Struktur auf, welche aus Cordierit ist und in Figur 4 das Bezugszeichen 32 trägt. Einige der Waben sind auf der zur Brennkraftmaschine 12 weisenden Seite offen und auf der von der Brennkraftmaschine 12 abgewandten Seite geschlossen (der Abgasstrom ist in Figur 4 durch Pfeile 33 angedeutet). Diese Waben tragen das Bezugszeichen 34 in Figur 4. Andere, zu den Waben 34 benachbarte Waben 36 sind auf der der Brennkraftmaschine 12 zugewandten Seite geschlossen und auf der von der Brennkraftmaschine 12 abgewandten Seite offen.

Die Filterwirkung ergibt sich durch die Porosität der Struktur 32 des Oberflächenfilters 20, der Abgasstrom tritt also durch die Wandflächen von den Waben 34 in die Waben 36, entsprechend dem Pfeil 38 in Figur 4. Der in Figur 4 gezeigte Oberflächenfilter weist eine Zellenzahl von 50 bis 300 cpsi, eine Porosität von ungefähr 50% und einen Porendurchmesser von 10 bis 30µm auf. Die Porosität der

Struktur 32 ist so gewählt, dass der Oberflächenfilter 20 vorzugsweise kleine Rußpartikel aus dem Abgasstrom herausfiltert. Der Filterwirkungsgrad des Oberflächenfilters 20 liegt bei 95 bis 99%. Insgesamt werden so aufgrund der Kombination des Tiefenfilters 16 und des Oberflächenfilters 20 über 99% der Rußpartikel aus dem Abgas herausgefiltert.

Im Laufe der Zeit bilden die am Oberflächenfilter 20 abgelagerten Rußpartikel 30 einen so genannten "Filterkuchen", welcher dann, wenn er zu groß ist, die Durchlässigkeit des Oberflächenfilters 20 beeinträchtigen und somit den Abgas-Gegendruck erhöhen kann. Dieser Filterkuchen aus den Rußpartikeln 30 bildet sich jedoch nur sehr langsam, da insgesamt ja nur sehr wenige Rußpartikel 30 überhaupt bis zum Oberflächenfilter 20 gelangen. Dennoch wird der Oberflächenfilter 20 durch ein so genanntes CRT-Verfahren von den Rußpartikeln entweder kontinuierlich oder zyklisch befreit.

Hierzu verfügt der Oberflächenfilter 20 auf seiner der Brennkraftmaschine 12 zugewandten Seite (Einströmseite) über eine Struktur 22 mit einem Platin-Katalysatormaterial, vorliegend einem Pt-Ce/ZrO<sub>2</sub>-Gemisch. Hierdurch wird ohnehin im Abgas enthaltenes Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert. Mittels dieses Stickstoffdioxids kann der am Oberflächenfilter 20 abgelagerte Ruß 30 ebenfalls bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen (unter 400°C) vorzugsweise kontinuierlich oxidiert werden.

Die von der Brennkraftmaschine 12 abgewandte Oberfläche der Struktur 32 des Oberflächenfilters 20 ist mit einer Katalysatorschicht 24 versehen, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus einem herkömmlichen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatormaterial besteht. Hierdurch werden im

Abgas befindliche Stickoxide reduziert. Dies hat mit der  
eigentlichen Funktion des Oberflächenfilters 20 nichts zu  
tun, spart jedoch Einbauraum. Grundsätzlich denkbar ist  
aber auch die Verwendung anderer katalytisch aktiver  
5 Materialien, wie sie eingangs aufgeführt wurden.

5

10

## Ansprüche

1. Abgassystem (10) für eine Brennkraftmaschine (12), mit einem Tiefenfilter (16) zur Entfernung von Ruß (30) aus dem Abgas, wobei der Tiefenfilter (16) ein Katalysatormaterial (18) umfasst, welches die Rußoxidation fördert, dadurch gekennzeichnet, dass ein inneres Porengefüge (28) des Tiefenfilters (16) mit einem Katalysatormaterial (18) versehen ist, welches bei einer Betriebstemperatur des Tiefenfilters (16), insbesondere ab einer Temperatur von ungefähr höchstens 400 °C, stärker bevorzugt von höchstens ungefähr 350 °C, flüssig ist.
2. Abgassystem (16) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial (18) des Tiefenfilters (16) "Molten Salt"-Material, insbesondere  $\text{Cs}_2\text{SO}_4\text{V}_2\text{O}_5$  oder Cs-Vanadate oder Ag-Verbindungen, insbesondere Ag-Vandante, umfasst.
3. Abgassystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial zusätzlich umfasst: Rh und/oder Pd, auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Ceroxiden und/oder Mischoxiden wie beispielsweise Ce/ZrO<sub>2</sub>, oder ohne Träger; Elemente der Gruppe 11 (Ag, Au, und/oder Cu) auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Ceroxiden und/oder Mischoxiden wie beispielsweise Ce/ZrO<sub>2</sub>, oder ohne

Träger; Sauerstoff speichernde und abgebende Materialien, beispielsweise Verbindungen von Mn, Fe, Ce, Pr; unter Abgasbedingungen nitratbildende Materialien ( $\text{NO}_x$ -Speicher), insbesondere Elemente der Erdalkaligruppe, sowie der Gruppe 3 und der Seltenen Erden; und/oder Materialien, die sich durch eine hohe Acidität auszeichnen, beispielsweise Zeolithe und folgende Oxide oder Oxidmischungen:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Boroxide.

4. Abgassystem (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Tiefenfilter (16) einen offenporigen Siliciumcarbid-Schaumfilter (28) mit Porendurchmessern im Bereich von ungefähr 40  $\mu\text{m}$  bis ungefähr 1000  $\mu\text{m}$  und einer Porosität von mindestens ungefähr 60% umfasst.

5. Abgassystem (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es einen nachgeschalteten Oberflächenfilter (20) umfasst, und dass stromaufwärts von dem Oberflächenfilter (20) eine Katalysatoreinrichtung (22) angeordnet ist, durch die aus dem Abgas Stickstoffdioxid gebildet wird.

6. Abgassystem (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es einen nachgeschalteten Oberflächenfilter (20) umfasst, und dass eine Struktur (32) des Oberflächenfilters (20) mit einem Katalysatormaterial (24) versehen ist.

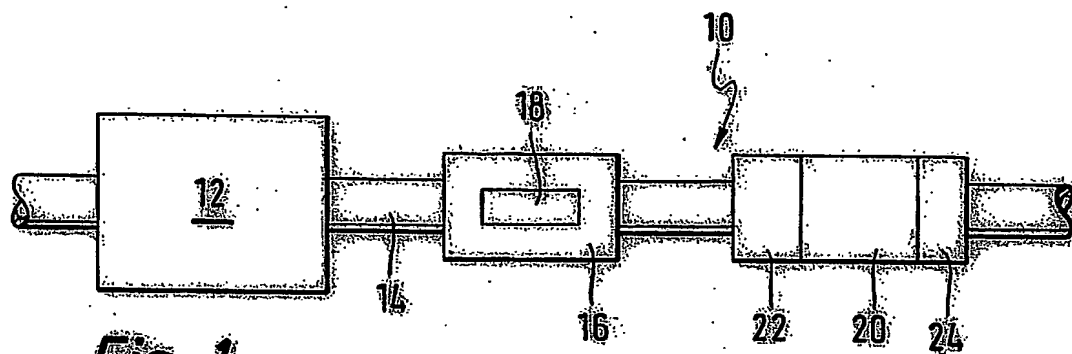
7. Abgassystem (16) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial (24) ein Material aus der Aufzählung von Anspruch 2 umfasst.

8. Abgassystem (16) nach Anspruch einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial (24) ein herkömmliches  $\text{NO}_x$ -Speicher-Katalysatormaterial, ein herkömmliches  $\text{NH}_3$ -SCR-

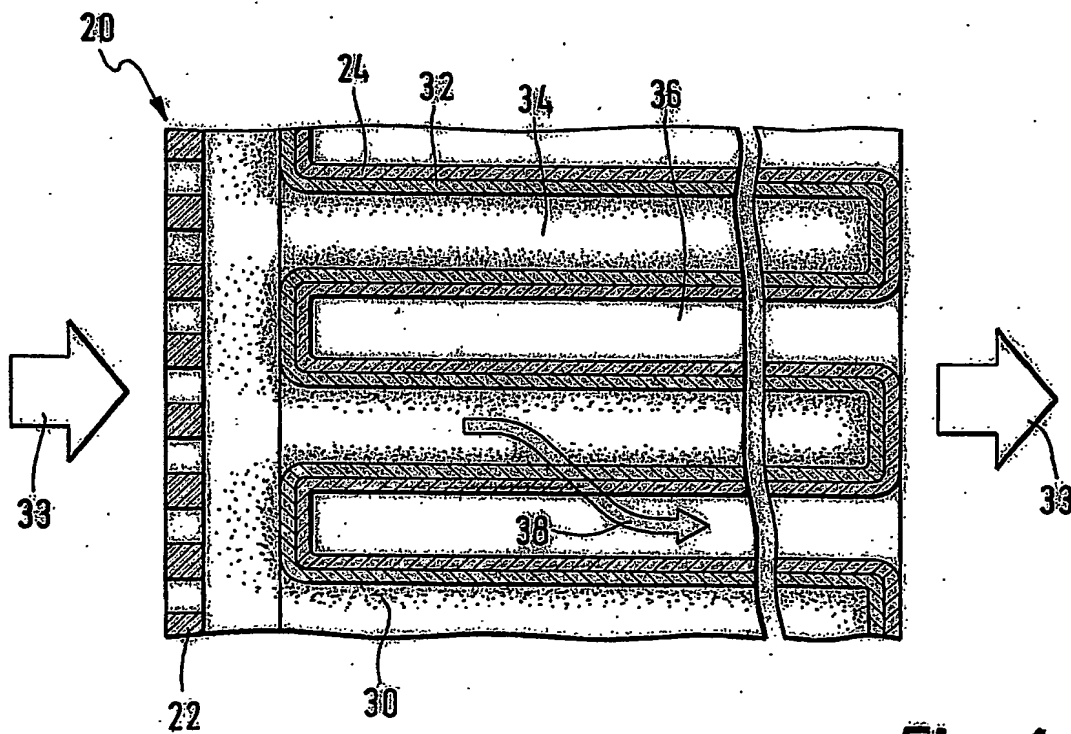
Katalysatormaterial, und/oder ein sonstiges Material zur Minderung von Stickoxidemissionen umfasst.

9. Abgassystem (16) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Oberflächenfilter (20) einen Cordieritfilter (32) mit einer Zellenzahl von ungefähr 50 bis ungefähr 300 cpsi, einer Porosität von ungefähr 50% und einem Porendurchmesser von höchstens ungefähr 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise höchstens ungefähr 40  $\mu\text{m}$ , noch stärker bevorzugt höchstens ungefähr 10  $\mu\text{m}$  umfasst.
10. Abgassystem (16) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Oberflächenfilter (20) auf seiner Einströmseite ein Pt-Katalysatormaterial (22), insbesondere Pt-Ce/ZrO<sub>2</sub>, und auf seiner Ausströmseite ein herkömmliches NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatormaterial (24) umfasst.
11. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Abgassystem (16) nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Oberflächenfilter (20) ablagernder Ruß (30) kontinuierlich oxidiert wird.

1 / 2



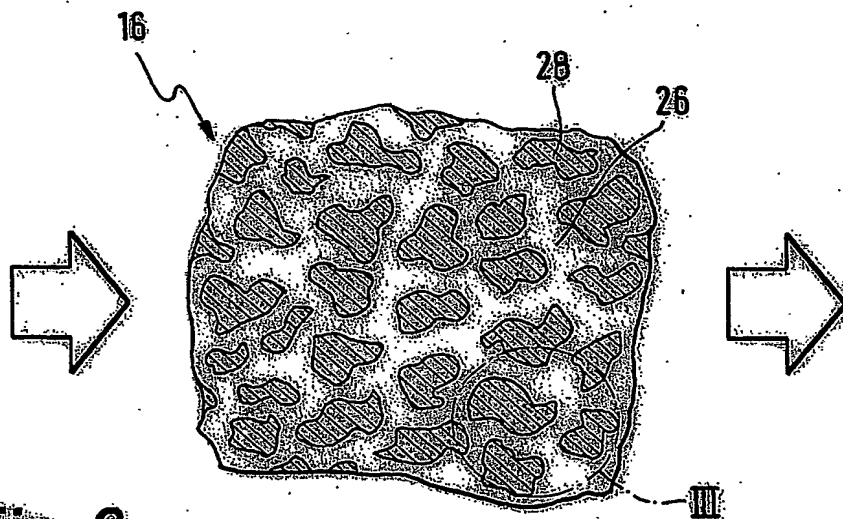
**Fig. 1**



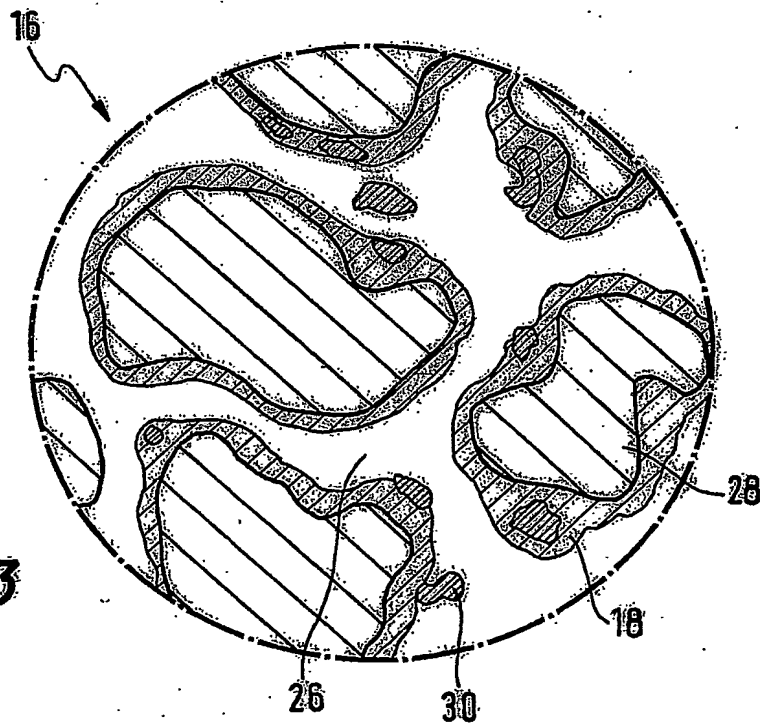
**Fig. 4**



2 / 2



**Fig. 2**



**Fig. 3**

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 7 B01J35/12 B01D53/88 F01N3/035 F01N3/023

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01J B01D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 224 968 A (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO) 24 July 2002 (2002-07-24)	1-4
Y	paragraph '0018! paragraph '0025! - paragraph '0026!; figure 1; table 1	5-11
Y	----- EP 1 251 249 A (UMICORE AG & CO. KG; OMG AG & CO. KG) 23 October 2002 (2002-10-23) paragraph '0020! - paragraph '0022!; figure 1 ----- -/--	5-11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 February 2005

Date of mailing of the international search report

14/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schmitter, T

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JELLES S J ET AL: "Molten salts as promising catalysts for oxidation of diesel soot: importance of experimental conditions in testing procedures" APPLIED CATALYSIS B: ENVIRONMENTAL, AMSTERDAM, NL, vol. 21, 1999, pages 35-49, XP002196699 abstract	1-4
X	EP 0 164 881 A (ENGELHARD CORPORATION) 18 December 1985 (1985-12-18) page 8, line 6 - line 24 page 9, line 10 - line 18 page 7, line 14 - line 20 page 6, line 7	1-4
X	US 6 218 326 B1 (DATTA RAVINDRA ET AL) 17 April 2001 (2001-04-17) column 4, line 33 - line 36 column 5, line 19 - line 31 column 7, line 1 - line 26 column 8, line 50 - line 59	1-4
A	US 2003/198583 A1 (ZHANG WENZHONG) 23 October 2003 (2003-10-23) paragraph '0003! - paragraph '0005! paragraph '0014! paragraph '0023! - paragraph '0025!	1-4, 11
A	US 2003/091481 A1 (DANG ZHONGYUAN ET AL) 15 May 2003 (2003-05-15) paragraph '0030! paragraph '0033!	1-4, 11

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1224968	A	24-07-2002	JP 2002210368 A EP 1224968 A1 US 2002137627 A1	30-07-2002 24-07-2002 26-09-2002
EP 1251249	A	23-10-2002	EP 1251248 A1 EP 1251249 A2 JP 2003035129 A US 2002170433 A1	23-10-2002 23-10-2002 07-02-2003 21-11-2002
EP 0164881	A	18-12-1985	US 4510265 A CA 1239922 A1 DE 164881 T1 EP 0164881 A1 JP 60241919 A	09-04-1985 02-08-1988 22-05-1986 18-12-1985 30-11-1985
US 6218326	B1	17-04-2001	NONE	
US 2003198583	A1	23-10-2003	US 2004126287 A1	01-07-2004
US 2003091481	A1	15-05-2003	AT 278455 T DE 60201514 D1 EP 1368107 A1 WO 03041846 A1 US 2004116285 A1	15-10-2004 11-11-2004 10-12-2003 22-05-2003 17-06-2004

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B01J35/12 B01D53/88 F01N3/035 F01N3/023

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B01J B01D F01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 224 968 A (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO) 24. Juli 2002 (2002-07-24)	1-4
Y	Absatz '0018! Absatz '0025! - Absatz '0026!; Abbildung 1; Tabelle 1	5-11
Y	EP 1 251 249 A (UMICORE AG & CO. KG; OMG AG & CO. KG) 23. Oktober 2002 (2002-10-23) Absatz '0020! - Absatz '0022!; Abbildung 1	5-11
X	JELLES S J ET AL: "Molten salts as promising catalysts for oxidation of diesel soot: importance of experimental conditions in testing procedures" APPLIED CATALYSIS B: ENVIRONMENTAL, AMSTERDAM, NL, Bd. 21, 1999, Seiten 35-49, XP002196699 Zusammenfassung	1-4
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Februar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/02/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schmitter, T

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 164 881 A (ENGELHARD CORPORATION) 18. Dezember 1985 (1985-12-18) Seite 8, Zeile 6 - Zeile 24 Seite 9, Zeile 10 - Zeile 18 Seite 7, Zeile 14 - Zeile 20 Seite 6, Zeile 7 -----	1-4
X	US 6 218 326 B1 (DATTA RAVINDRA ET AL) 17. April 2001 (2001-04-17) Spalte 4, Zeile 33 - Zeile 36 Spalte 5, Zeile 19 - Zeile 31 Spalte 7, Zeile 1 - Zeile 26 Spalte 8, Zeile 50 - Zeile 59 -----	1-4
A	US 2003/198583 A1 (ZHANG WENZHONG) 23. Oktober 2003 (2003-10-23) Absatz '0003! - Absatz '0005! Absatz '0014! Absatz '0023! - Absatz '0025! -----	1-4, 11
A	US 2003/091481 A1 (DANG ZHONGYUAN ET AL) 15. Mai 2003 (2003-05-15) Absatz '0030! Absatz '0033! -----	1-4, 11

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052748

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1224968	A	24-07-2002	JP	2002210368 A	30-07-2002
			EP	1224968 A1	24-07-2002
			US	2002137627 A1	26-09-2002
EP 1251249	A	23-10-2002	EP	1251248 A1	23-10-2002
			EP	1251249 A2	23-10-2002
			JP	2003035129 A	07-02-2003
			US	2002170433 A1	21-11-2002
EP 0164881	A	18-12-1985	US	4510265 A	09-04-1985
			CA	1239922 A1	02-08-1988
			DE	164881 T1	22-05-1986
			EP	0164881 A1	18-12-1985
			JP	60241919 A	30-11-1985
US 6218326	B1	17-04-2001	KEINE		
US 2003198583	A1	23-10-2003	US	2004126287 A1	01-07-2004
US 2003091481	A1	15-05-2003	AT	278455 T	15-10-2004
			DE	60201514 D1	11-11-2004
			EP	1368107 A1	10-12-2003
			WO	03041846 A1	22-05-2003
			US	2004116285 A1	17-06-2004

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**